

**FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR BATIK MENGGUNAKAN KAYU APU  
(*Pistia stratiotes* L.) SEBAGAI UPAYA UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS AIR  
PHYTOREMEDIATION OF BATIK LIQUID WASTE USING WATER LETTUCE  
(*Pistia stratiotes* L.) FOR IMPROVING WATER QUALITY**

Oleh:

**Hernayanti dan Elly Proklamasiningsih  
Fakultas Biologi Unsoed Purwokerto**

(Diterima: 4 Oktober 2004, disetujui: 6 Nopember 2004)

**ABSTRAK**

Penelitian dilakukan untuk mengetahui kemampuan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) sebagai fitoremediator untuk memperbaiki kualitas air yang tercemar limbah batik. Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap pola faktorial dan dibagi menjadi 3 unit percobaan yaitu perlakuan dengan biomassa (1) 25, (2) 50, dan (3) 75 gram sebagai faktor pertama. Faktor kedua berupa lamanya waktu pemaparan (3, 6, dan 9 hari). Masing-masing perlakuan diulang 3 kali. Data dianalisis menggunakan Anova dan dilanjutkan dengan uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah proses fitoremediasi terjadi perubahan kadar Cu pada air dan tumbuhan. Cu dalam air berkurang dari 0,0087 ppm menjadi 0,003 ppm (91.95%). Cu dalam tanaman meningkat dari 0,002 ppm menjadi 0,078 ppm (97.4%). Terjadi pula penurunan kadar BOD, COD, TSS, dan pH berturut-turut sebesar 64,26, 69,8, 93,4 dan 36,8%. DO meningkat dari 0 ppm menjadi 3 ppm. Hasil Anova menunjukkan perlakuan biomassa dan waktu pemaparan beserta interaksinya berpengaruh terhadap penurunan Cu air serta terhadap semua parameter pendukung. Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa perlakuan dengan biomassa kayu apu 75gram dan waktu pemaparan 9 hari paling efektif dalam memperbaiki kualitas air yang tercemar limbah batik. Hal ini berarti kayu apu mampu berperan sebagai fitoremediator terhadap pencemaran limbah cair batik.

Kata kunci: Limbah batik, Fitoremediator, Kayu apu

**ABSTRACT**

The research aimed at examining the capacity of kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) as phytoremediator to improve water quality polluted by batik liquid waste. The research used a Completely Randomized Design arranged by factorials and divided into 3 treatments as first factor, i.e., treatments of kayu apu biomass of 25 (I); 50 (II); and 75 gram (III). The second one was time of exposure, i.e., 3, 6, and 9 days. All combined treatments were repeated 3 times. Data were analyzed by Anova and followed by Duncan test. The result showed that phytoremediation could change Cu concentration in water and plants. Cu in water was reduced from 0.0087 to 0.003 ppm (91.95%), Cu in plants increased from 0.002 to 0.078 ppm (97.4%). BOD was decreased by 64.26 %, COD decreased by 69.82%, TSS decreased by 93.4%, turbidity decreased by 24.32%, and pH decreased by 36.8 %. DO in waste increased from 0 to 3 ppm. All treatments were compared with control (without kayu apu). The result of Anova showed that treatments of kayu apu biomass and time exposure had a highly significant difference. From the results could be concluded that kayu apu was effective

The most effective treatments were treatments with kayu apu biomass of 75 gram and 9 days of time exposure.

Key words: Batik liquid waste, Phytoremediator, Water lettuce

## PENDAHULUAN

Industri batik termasuk dalam industri tekstil yang paling banyak menggunakan air dalam proses produksinya, sebagai akibatnya limbah cair yang dihasilkan mencapai 80% dari seluruh jumlah air yang dipergunakan dalam pembatikan. Produk akhir dari proses tersebut menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat Zn, Cu, Cr, bahan organik seperti fenol serta bahan kimia seperti NaOH, minyak, dan lemak. Keberadaan zat tersebut menyebabkan limbah batik memiliki kadar BOD, COD, TSS, dan pH tinggi, keruh, memiliki DO yang rendah serta mengandung logam berat, seperti Zn dan Cu. Sebagai akibatnya, apabila limbah batik langsung dibuang ke lingkungan perairan tanpa diolah lebih dahulu, dapat menyebabkan penurunan kualitas air serta gangguan terhadap organisme perairan dan manusia.

Umumnya industri batik di Banyumas termasuk industri skala kecil dengan modal, pengetahuan dan teknologi terbatas, sehingga banyak yang belum memiliki instalasi pengolahan limbah. Limbah batik yang dihasilkan langsung dibuang ke sungai tanpa melalui pengolahan. Hal ini dapat

menyebabkan terjadinya pencemaran di perairan. Agar kualitas limbah cair batik yang dibuang di lingkungan tidak menimbulkan pencemaran, maka perlu diupayakan pengolahan limbah yang murah dan sederhana tetapi efektif, yaitu dengan teknik fitoremediasi dengan menggunakan tumbuhan air untuk mengolah limbah. Beberapa tumbuhan air, seperti kayu apu yang merupakan gulma air, dapat dimanfaatkan sebagai fitoremediator untuk menyerap unsur toksin, terutama logam berat yang terdapat pada limbah batik (Widowati, 2000).

Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) merupakan salah satu gulma padi yang menempati urutan ketiga di Asia Tenggara. Tumbuhan ini mempunyai akar panjang, lebat, bercabang halus dan sistem perakarannya luas. Kayu apu mampu menyerap logam berat seperti Pb dan Cd dengan waktu paparan 12 hari (Kao et al., 2001) dan Cr di atas 2 mg/kg setelah 1 minggu (Zayed and Terry, 2003).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari perlakuan biomassa kayu apu dan waktu paparan yang paling efektif untuk menyerap zat toksin dalam limbah cair batik.

## METODE PENELITIAN

Materi penelitian berupa limbah cair batik yang diambil dari Jl. Pesarean Kebutuh Sokaraja, kayu apu, akuades, dan reagen untuk pemeriksaan kualitas air. Penelitian dilakukan di rumah kaca Fakultas Biologi Unsoed. Sebagai kontrol adalah limbah batik tanpa kayu apu. Alat yang digunakan antara lain ember dan botol plastik, pH meter, inkubator BOD, dan alat AAS. Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola factorial. Adapun kombinasi perlakuannya adalah:

Faktor A: Biomassa yang terdiri atas 3 taraf:

Taraf 1: Biomassa 25 gram

Taraf 2: Biomassa 50 gram

Taraf 3: Biomassa 75 gram

Faktor B: Lama waktu pemaparan yang terdiri atas 3 taraf:

Taraf 1: Waktu pemaparan 3 hari (T1)

Taraf 2: Waktu pemaparan 6 hari (T2)

Taraf 3: Waktu pemaparan 9 hari (T3)

Kombinasi perlakuan yang diperoleh sebanyak 9 buah dan masing-masing diulang 3 kali sehingga jumlah seluruh perlakuan adalah 27 buah. Peubah yang diamati meliputi peubah bebas berupa biomassa dan waktu pemaparan. Peubah tergantung berupa penyerapan Cu oleh kayu apu. Parameter utama berupa kadar Cu dalam air, sedangkan parameter pendukung berupa kadar BOD, COD, DO, pH (parameter kimia), TSS dan

kekeruhan (parameter fisik) serta kadar Cu dalam tumbuhan kayu apu (parameter hayati).

Cara kerja meliputi:

### 1. Persiapan biakan tumbuhan

Tumbuhan kayu apu diambil dari persawahan Grendeng Purwokerto. Stok biakan dipelihara di Rumah Kaca menggunakan ember plastik dengan medium air sumur yang memiliki pH 6 – 7 selama 2 minggu.

### 2. Persiapan limbah batik

Sebelum digunakan, limbah batik diencerkan terlebih dahulu dengan perbandingan 1 : 5 menggunakan akuades.

### 3. Aklimatisasi

Kayu apu yang telah diseleksi umur dan besarnya sama dicuci sampai bersih dan ditimbang sebanyak 25, 50, dan 75 g. Selanjutnya dimasukkan ke ember plastik yang berisi limbah batik yang telah diencerkan 5 kali sebanyak 10 liter, kemudian dilakukan pengamatan pada hari ke-0 (saat penelitian dimulai), ke-3, ke-6, dan ke-9.

### 4. Cara pengambilan data

#### a. Analisis kadar Cu dalam air

Dilakukan menggunakan AAS dengan kuat arus 15 mA, panjang gelombang 324,8 nm. Kadar Cu dalam tumbuhan dilakukan pengabuan terlebih dahulu, kemudian diencerkan dengan akuades sampai volume 50 ml. Selanjutnya filtrat dianalisis menggunakan alat AAS.

#### b. Pengukuran kualitas air meliputi: pengukuran pH

## 5. Analisis data

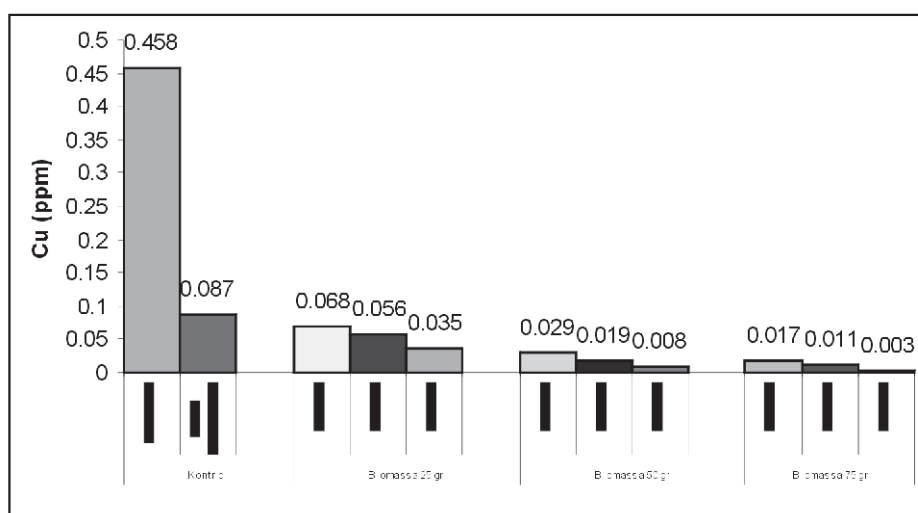
Data kemampuan kayu apu sebagai fitoremediator untuk menyerap logam berat Cu ditinjau dari biomassa dan waktu pemaparan, dianalisis dengan uji F dengan tingkat kepercayaan 95 %. Biomassa dan waktu pemaparan yang paling efektif bagi fitoremediator dalam menyerap Cu atau memperbaiki kualitas air yang tercemar air limbah, dilakukan dengan uji Duncan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

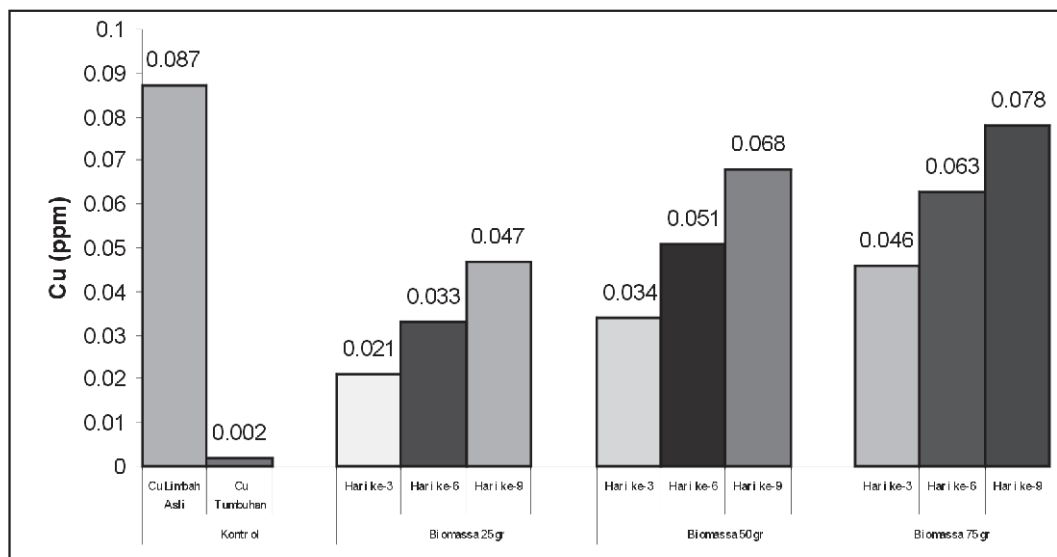
Limbah cair batik yang digunakan dalam penelitian mengandung logam berat Cu, karena zat warna yang digunakan dalam pembatikan adalah indigosol. Sebelum perlakuan dengan tumbuhan, air limbah mengandung Cu sebesar 0,435 ppm. Pada awal perlakuan, kayu apu yang ditanam langsung pada limbah batik mengalami kematian, sehingga

limbah diencerkan 5 kali dengan akuades. Kadar Cu setelah diencerkan 5 kali sebesar 0,087 ppm. Sesudah diberi perlakuan atau ditanami dengan kayu apu, kadar Cu yang terdapat pada air limbah mengalami penurunan. Penurunan tertinggi terjadi pada hari ke-9 dengan perlakuan biomassa kayu apu sebesar 75 gram, yaitu 91,95%. Penurunan tersebut dibandingkan dengan kontrol yaitu limbah yang telah diencerkan 5 kali (Gambar 1).

Penurunan kadar Cu dalam limbah batik sebanding dengan kenaikan kadar Cu di dalam tumbuhan kayu apu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pada awal perlakuan, kadar Cu dalam kayu apu sebesar 0,02 ppm, tetapi setelah ditanami kayu apu dengan biomassa 25, 50, dan 75 gram, setelah hari ke-3, ke-6, dan ke-9, ternyata kadar Cu mengalami peningkatan hingga mencapai 0,078 ppm pada hari ke-9 dengan perlakuan biomassa 75 gram.



Gambar 1. Kadar Cu rata-rata di air limbah sesudah perlakuan dengan kayu apu



Gambar 2. Kadar Cu rata-rata pada tumbuhan kayu apu

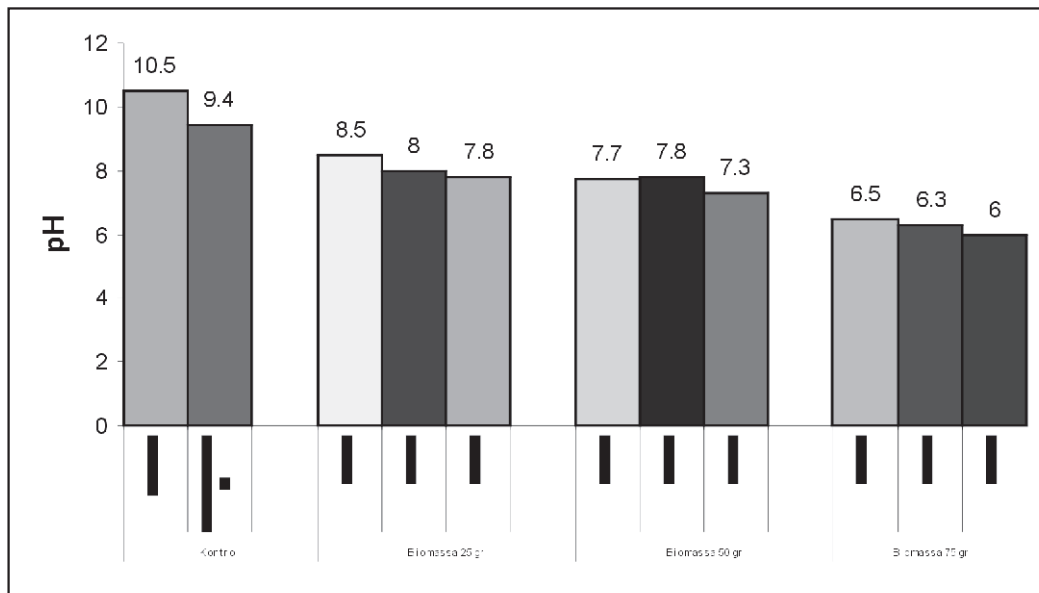
yang mengandung zat fitokelatin atau senyawa pengkelat logam, air, dan unsur hara yang larut di dalamnya termasuk ion Cu akan diserap oleh permukaan akar. Selanjutnya logam tersebut menembus selaput sel yang ada di sel akar dan disimpan dalam vakuola, kemudian logam tersebut bergerak melintasi selaput sel menuju ke daun. Akan tetapi, karena adanya pita kaspari pada endodermis, pengangkutan dilakukan lewat simplas, yaitu bagian yang mati dari tumbuhan dan logam berat akan diangkut sampai ke daun (Salisbury and Ross, 1995).

Hasil uji statistika menunjukkan adanya perbedaan yang sangat nyata antar-kelompok perlakuan baik biomassa maupun waktu pemaparan (nilai probabilitas  $<0,0001$ ). Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa perlakuan biomassa 75 gram dan waktu

pemaparan 9 hari, paling efektif dalam menurunkan kadar Cu limbah batik.

Hasil pengukuran pH sebagai parameter pendukung menunjukkan adanya penurunan nilai pH dari limbah asli 10,5 dan limbah yang diencerkan 5 kali (9,4), menjadi 6,0 pada hari ke-9 dengan perlakuan biomassa 75 gram. Jadi pH limbah batik yang semula alkalis menjadi netral (Gambar 3). Penurunan pH disebabkan karena sisa kation pewarna yang mengandung  $\text{Cu}^{2+}$  diserap oleh akar kayu apu, sehingga terjadi peningkatan ion  $\text{H}^+$  dan kemungkinan lain adalah terjadinya pembusukan bagian tumbuhan air oleh kerja mikroba penghasil asam (Widowati, 2000). Mengacu pada baku mutu limbah batik, pH setelah perlakuan berada dalam kisaran yang diperbolehkan (pH 6–9).

Hasil pengukuran BOD menunjuk-kan bahwa secara

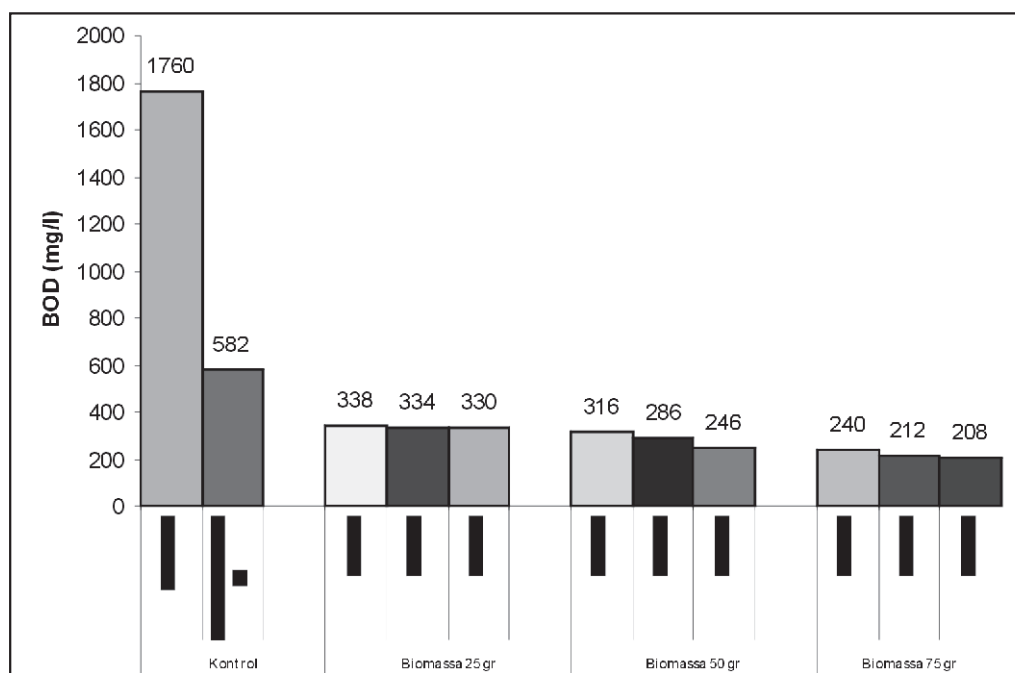


Gambar 3. Pengukuran pH rata-rata air limbah sesudah perlakuan dengan kayu apu

BOD limbah asli 1760 mg/l dan kontrol 582 mg/l, pada hari ke-9 menjadi 208 mg/l menggunakan perlakuan biomassa 75 gram

(Gambar 4).

Kadar BOD erat hubungannya dengan kadar oksigen terlarut (DO). Pada awal perlakuan, DO limbah asli



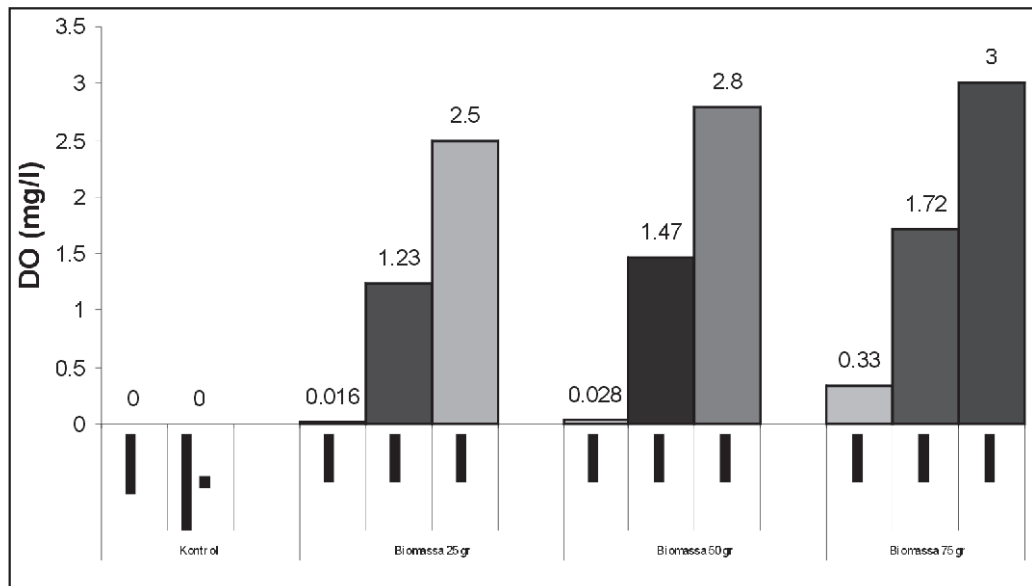
Gambar 4. Kadar BOD rata-rata air limbah sesudah perlakuan dengan kayu apu



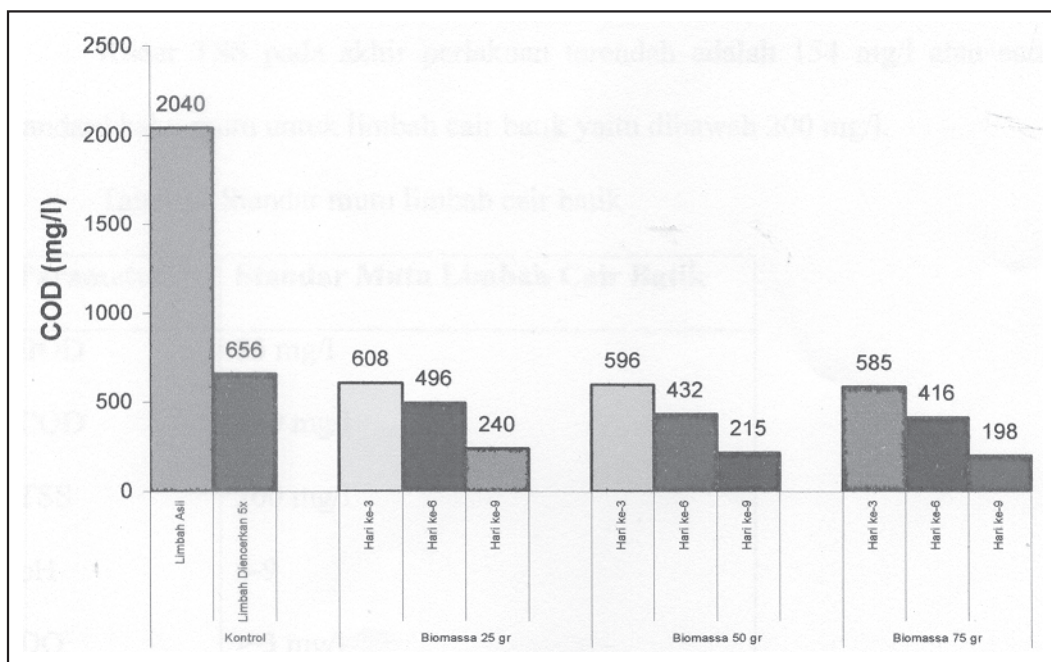
dengan kadar BOD yang tinggi, yaitu sebesar 1760 mg/l dan 582 mg/l. Akan tetapi, setelah perlakuan dengan tumbuhan air terjadi peningkatan DO pada hari ke-3 sekitar 0,016 0,33 ppm, hari ke-6 sekitar 1,231,72 ppm dan hari ke-9

sekitar 2,53,0 ppm (Gambar 5).

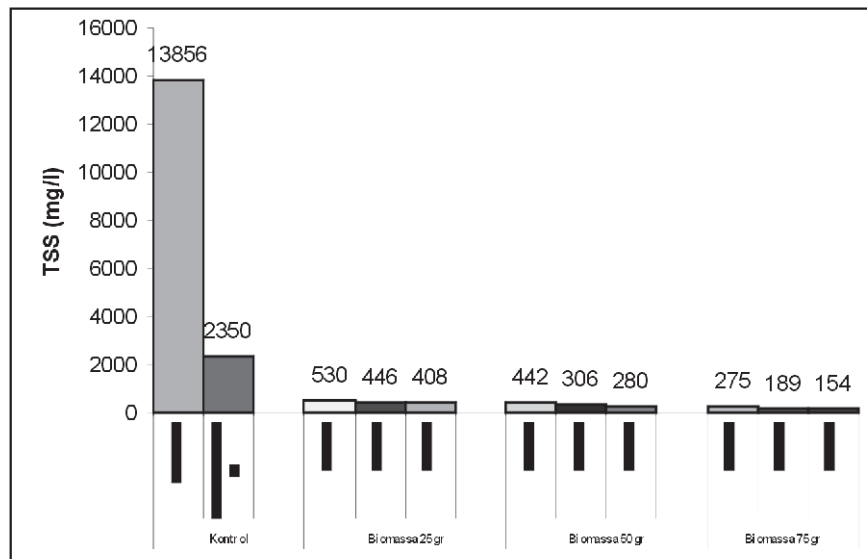
Penurunan BOD dan kenaikan DO air limbah disebabkan oleh adanya penambahan oksigen hasil fotosintesis tumbuhan kayu apu, bertambah banyaknya jumlah anakan tumbuh tersebut dan adanya



Gambar 5. DO (oksigen terlarut) rata-rata air limbah sesudah perlakuan dengan kayu apu



Gambar 6. Kadar COD rata-rata air limbah sesudah perlakuan dengan kayu apu



Gambar 7. Kadar TSS rata-rata air limbah sesudah perlakuan dengan kayu apu

keaktifan mikroba yang terdapat pada risosfer, sebagai pemecah bahan organik secara aerob (Ulfin, 2001). Hal ini diperkuat dengan terjadinya penurunan kadar COD dari 656 mg/l pada kontrol menjadi 198 mg/l setelah perlakuan hari ke-9 dengan biomassa 75 gram (Gambar 6).

Kadar BOD dan COD setelah akhir penelitian masih berada di atas ambang batas yang diperbolehkan pada baku mutu limbah cair batik. Setelah diolah, kadar BOD terendah sebesar 208 mg/l, masih lebih tinggi dibandingkan baku mutu, yaitu sebesar 85 mg/l. Kadar COD 198 mg/l masih lebih tinggi dibandingkan dengan baku mutu limbah cair batik, yaitu sebesar 150 mg/l. Pada pengolahan limbah batik disarankan penambahan aerasi supaya kadar BOD dan COD turun dan memenuhi baku mutu.

Kadar TSS pada awal

perlakuan sebesar 2350 mg/l, sedangkan pada limbah asli sebesar 13.856 mg/l. Setelah diberi kayu apu, terjadi penurunan TSS pada hari ke-3 sekitar 77,7–88,2%, hari ke-6 sekitar 81–88% dan hari ke-9 sebesar 91,99–93,4% (Gambar 7).

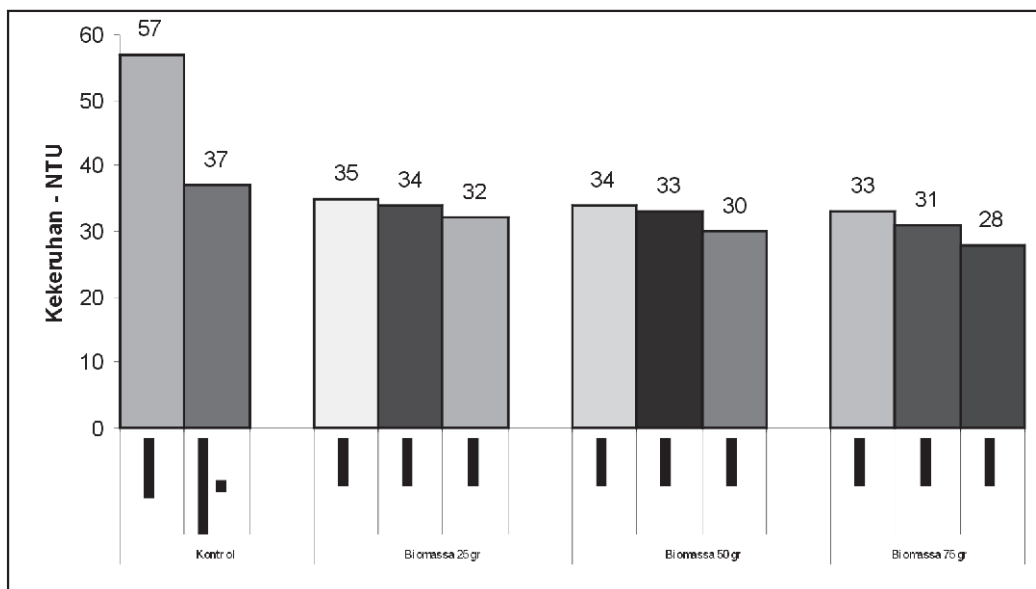
Kadar TSS pada akhir perlakuan terendah adalah 154 mg/l atau sudah memenuhi baku mutu Tabel 1. Baku Mutu Limbah Cair Batik untuk limbah cair batik, yaitu di bawah 200 mg/l.

Parameter Baku Mutu Limbah Cair Batik

BOD	85 mg/l
COD	150 mg/l
TSS	200 mg/l
pH	6 – 9
DO	> 3 mg/l

Kekeruhan limbah batik juga mengalami penurunan dari 57 NTU





Gambar 8. Kadar kekeruhan rata-rata air limbah sesudah perlakuan dengan kayu apu

setelah hari ke-9 dengan perlakuan biomassa 75 gram (Gambar 8).

Kekeruhan yang tinggi disebabkan oleh limbah organik, seperti fenol, adanya zat warna dan benda yang berasal dari sisa kapas serta pembuangan lilin. Kayu apu merupakan gulma air yang sangat kuat dalam menyerap unsur hara maupun bahan pencemar melalui akarnya. Kayu apu menyerap zat pencemar tersebut sehingga kadar kekeruhan dan kadar TSS menurun (Widowati, 2000).

## KESIMPULAN

1. Tumbuhan kayu apu dapat berperan sebagai fitoremediator untuk meningkatkan kualitas air yang tercemar limbah batik, yang ditandai dengan penurunan Cu terbesar 91,5%, BOD 64,26%, TSS 93,4%, kekeruhan 50,87%, pH mengalami kenaikan 36,1%, dan DO 300%.
2. Biomassa kayu apu 75 gram

paling efektif untuk meningkatkan kualitas air yang tercemar limbah batik.

3. Waktu pemaparan 9 hari paling efektif bagi kayu apu untuk meningkatkan kualitas air yang tercemar limbah batik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. and S.S. Santika. 1987. Metode Penelitian Air. Usaha Nasional, Surabaya.
- Kao, C.M., J.Y. Wang, H.Y. Lee, and C.K. Wen. 2001. Application of a constructed wetland for non-point source pollution control. *Journal Water Science & Technology* 44(11-12): 585-590.
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan. ITB, Bandung.
- Ulfin, I. 2001. Penyerapan logam berat timbal dan cadmium dalam larutan oleh kayu apu (*Pistia stratiotes*, L). *Kappa Jurnal Sains* 2(1): 40-50.
- Widowati, H. 2000. Peranan Tumbuhan Air Sebagai Bioremediator Pencemaran Akibat Industri Batik. Tesis S<sub>2</sub>. Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan, UGM, Yogyakarta.
- Zayed, A. and N. Terry. 2003. Chromium in the environment: Factors affecting